

Viera MIKLÚŠOVÁ¹, Milan LABAŠ², František KREPELKA³, Lucia IVANIČOVÁ⁴

NIEKTORÉ CHARAKTERISTIKY VIBRAČNÉHO SIGNÁLU POČAS ROZPOJOVACIEHO PROCESU HORNÍN

SEVERAL CHARACTERISTICS OF VIBRATION SIGNAL DURING THE ROCK DISINTEGRATION PROCESS

Abstrakt

Príspevok čerpá z laboratórneho výskumu rozpojovania hornín pri rotačnom vŕtaní na experimentálnom stande. V priebehu vŕtania dochádza k vzniku vynútených mechanických kmitov – vibrácií. V príspevku sú prezentované priebehy zrýchlenia sprievodného vibračného signálu a dominantnej frekvencie v závislosti od parametrov režimu vŕtania počas vŕtania viacerých druhov hornín jedným rozpojovacím nástrojom v troch na seba kolmých smeroch, pričom jeden smer je smer vŕtania.

Abstract

The contribution stems from the laboratory research of rock disintegration using the rotary drilling at the experimental stand. Forced mechanical oscillations – vibrations arise during the process of drilling. The paper presents behaviour of acceleration of vibration signal and dominant frequency depending on the drilling regime parameters during the drilling of various rock types by one type of the drilling tool in three orthogonal directions, where one direction represents the direction of drilling.

Keywords: Disintegration process, rock, vibration signal, regime variables.

1 ÚVOD

Pracovníci Oddelenia deštrukčnej a konštrukčnej geotechniky Ústavu geotechniky SAV v Košiciach sa venujú výskumu rozpojovania hornín rotačným vŕtaním ako jednej z najčastejšie používaných technológií pri dobývaní ťžitkových nerastov a výstavbe podzemných inžinierskych diel. Prevažuje laboratórny výskum, ale výskum na niektorých úlohách vyžadoval aj prácu in situ.

Počas procesu rozpojovania hornín dochádza k rozochveniu rozpojovacieho zariadenia doprevádzané aj náležitým zvukovým prejavom, teda k vibroakustickým prejavom [1].

V súčasnej výskumnej úlohe sa venujeme vibráciám. Ide o vynútené kmity, ktoré vznikajú počas procesu vŕtania v dôsledku pôsobenia vŕtacieho nástroja na horninu. Kmitajú všetky súčasti zúčastnené na rozpojení, teda rozpojovacie zariadenie, rozpojovací nástroj a tiež rozpojovaný materiál, teda hornina. Vibračný signál je tak odozvou všetkých súčastí rozpojovacieho procesu, ich stavu a vlastností ale tiež režimových parametrov, cez ktoré je rozpojovací proces riadený.

¹ Mgr. Viera Miklúšová, PhD., Ústav geotechniky Slovenskej akadémie vied (ÚGt SAV), Watsonova 45, 043 53 Košice, SR, tel.: (421) 55 7922639, e-mail: miklusv@saske.sk.

² Ing. Milan Labaš, PhD., Ústav geotechniky Slovenskej akadémie vied (ÚGt SAV), Watsonova 45, 043 53 Košice, SR, tel.: (421) 55 7922648, e-mail: labas@saske.sk.

³ Ing. František Krepelka, PhD., Ústav geotechniky Slovenskej akadémie vied (ÚGt SAV), Watsonova 45, 043 53 Košice, SR, tel.: (421) 55 7922640, e-mail: krepelka@saske.sk.

⁴ Ing. Lucia Ivaničová, PhD., Ústav geotechniky Slovenskej akadémie vied (ÚGt SAV), Watsonova 45, 043 53 Košice, SR, tel.: (421) 55 7922641, e-mail: ivanic@saske.sk.

Cieľom súčasnej výskumnej úlohy je využiť vibračný signál na riadenie rozpojovacieho procesu bez snímania prítlaku a otáčok. Doterajšie výsledky ukazujú, že vibračný signál v značnej miere reaguje na zmenu viacerých faktorov [2], [3], [4].

Keďže vibrácie sú pri jednej hornine a jednom rozpojovacom nástroji hlavne odrazom režimu, pri spoznaní jednoznačných závislostí vibrácií od režimových veličín rozpojovania bude možné cez vibrácie vstupovať priamo do riadenia procesu.

2 VÝSKUM A METODIKA

Experimentálny výskum rozpojovacieho procesu hornín prebieha v laboratórnych podmienkach. Pracovisko využíva modelové zariadenie usporiadané na imitáciu rozpojovania hornín rotačným vŕtaním – laboratórny stand. Ten umožňuje rotačné vŕtanie malopriemerovými vŕtacími nástrojmi používanými v praxi do rôznych hornín.

Počas vŕtania hornín na stande sú snímané a registrované režimové veličiny rozpojovacieho procesu a to prítláčna sila na nástroj F a otáčky nástroja n , ktoré riadia rozpojovací proces. Od týchto veličín závisí charakter vznikajúcich vibrácií v procese rozpojovania.

Vibračný signál na laboratórnom stande je snímaný piezoelektrickým snímačom zrýchlenia AC102-1A firmy CTC v rozsahu 0,5 - 15 000 Hz s rezonančnou frekvenciou snímača 23 000 Hz v troch navzájom kolmých smeroch x , y a z . Smer x je totožný so smerom vŕtania, smer z je na neho kolmý a leží v horizontálnej rovine. Snímače sú mechanicky uchytené na rám vŕtacieho standu. Zaznamenaný vibračný signál zo snímačov je spracovávaný v on-line monitorovacom systéme vibrácií ADASH 3900 II a následne počítačovo vyhodnocovaný v časovej a frekvenčnej oblasti.

Spracovanie vibračného signálu v časovej oblasti udáva zrýchlenie a mechanických kmitov a to vo všetkých troch snímaných smeroch x , y a z . Ako a_x , a_y a a_z sú označené vyhodnotené efektívne hodnoty zrýchlení z časových výstupov signálu v príslušných smeroch. Výsledkom spracovania signálu vo frekvenčnej oblasti sú frekvenčné spektrá, z ktorých sa určujú dominantné frekvencie f , pre jednotlivé smery x , y a z označené ako f_x , f_y a f_z .

Na experimentovanie na laboratórnom stande na účely tohto článku boli použité vzorky andezitu z lokality Ruskov, žuly z Hnilca a vápenca zo Včelárov. Ako rozpojovací nástroj bola použitá diamantová impregnovaná 6-kanáliková korunka priemeru 46mm. Rotačné vŕtanie prebiehalo pri konštantných režimoch, pri hodnotách otáčok $n = 500\text{min}^{-1}$, 1000min^{-1} a 2000min^{-1} a pri hodnotách prítlaku $F = 4\,500\text{N}$, $7\,500\text{N}$, $9\,500\text{N}$, $11\,500\text{N}$ a $13\,000\text{N}$.

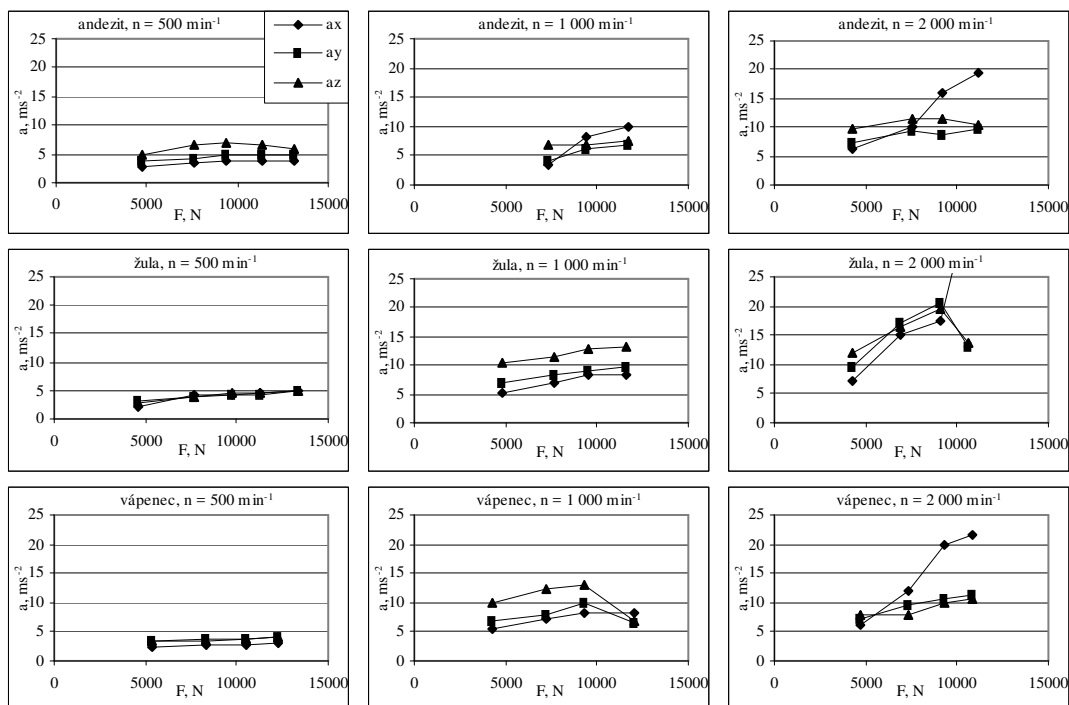
3 EXPERIMENTÁLNE VÝSLEDKY A DISKUSIA

Každá z menovaných hornín je rôzneho pôvodu a zloženia, majú rôzne mechanické a technologické vlastnosti, čo sa prejavuje aj pri ich rozpojení.

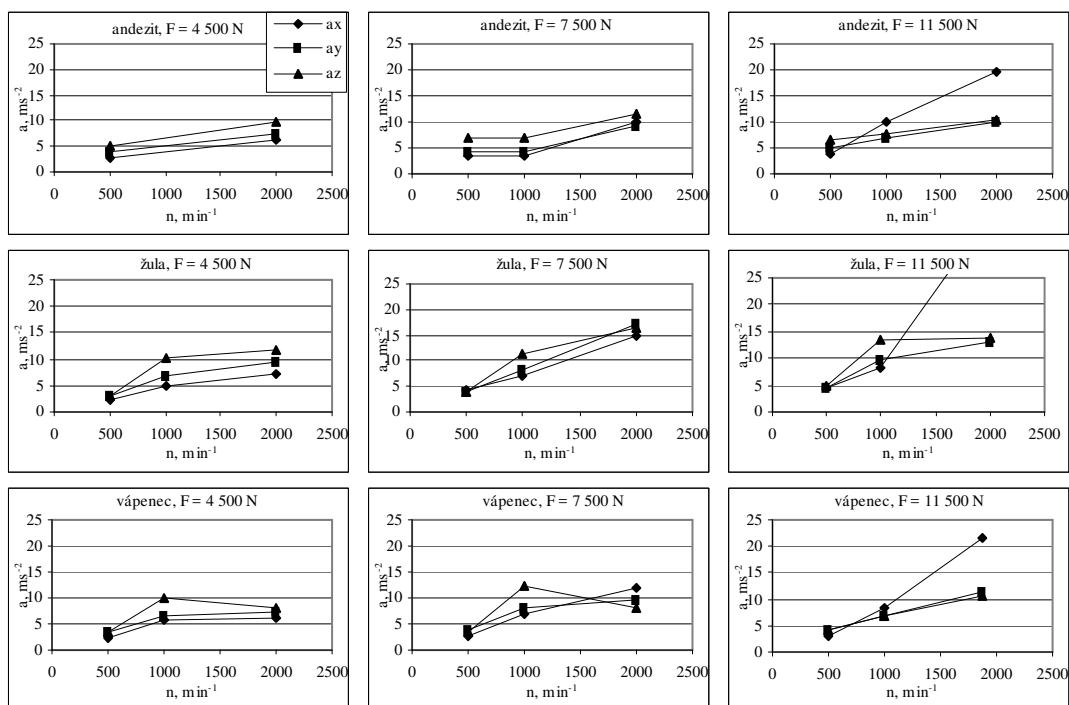
Odrazom toho sú rôzne závislosti zrýchlenia vibračného signálu pre jednotlivé horniny od prítláčnej sily F na nástroj aj od otáčok n . Dokumentujú to experimentálne výsledky znázornené v obrázkoch 1 až 2.

Z uvedených obrázkov možno konštatovať, že efektívne hodnoty zrýchlení z časových výstupov signálu reagujú na zmenu režimových parametrov, teda na zmenu prítláčnej sily na nástroj F aj na otáčky nástroja n a to vo všetkých troch snímaných smeroch.

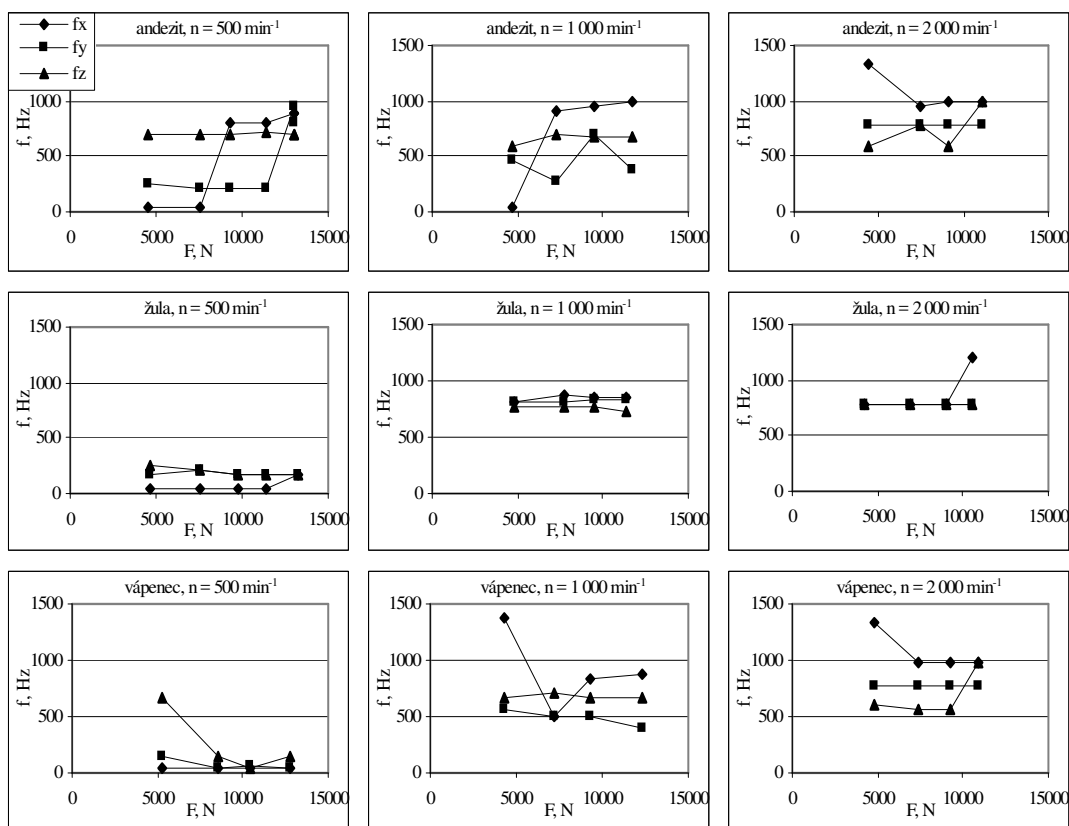
Pri malých hodnotách F aj n prevládajú vibrácie v smeroch y a z , pričom $a_z > a_y$, čo znamená, že laboratórny stand kmitá s väčším zrýchlením v horizontálnej rovine ako vo vertikálnej rovine. Je to dané tým, že stand je upevnený v podlahe. Zároveň je rozpojovací nástroj obmedzený voči vertikálnym kmitom vymedzovacími drážkami na úchytnom valci. Pri vyšších hodnotách prítláčnej sily F približne nad 8000N - 9000N a otáčok n približne nad 1000min^{-1} dosahuje najvyššie hodnoty zrýchlenie v smere vŕtania ax , pričom $ax > az > ay$. Vibrácie v smere vŕtania prevládajú a sú dominantné.



Obr.1: Závislost' efektivních hodnot zrychlení vibrací a_x , a_y , a_z od přítlakové síly F



Obr.2: Závislost' efektivních hodnot zrychlení vibrací a_x , a_y , a_z od otáček n



Obr.3: Závislosť dominantných frekvencií od prítlačnej sily F

Na obrázkoch 3 a 4 sú znázornené závislosti dominantných frekvencií, získaných z frekvenčných spektier vibračného signálu, od prítlačnej sily F na nástroj a od otáčok n .

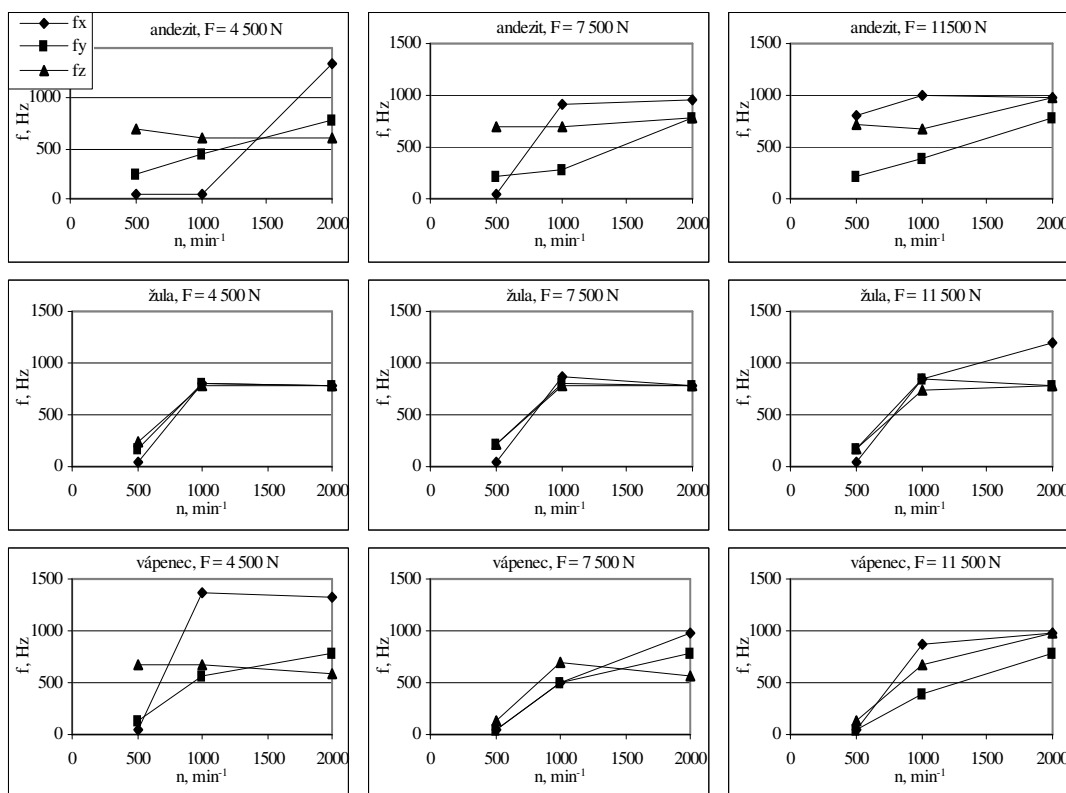
Dominantné frekvencie v závislosti od prítlačnej sily aj od otáčok majú skokovitý charakter, nadobúdajú diskrétny hladiny hodnôt. Pri vyšších prítlačných silách F a vyšších otáčkach n nadobúdajú vyššie hodnoty, ktoré sa pohybujú pre všetky horniny v približne rovnakých hraniciach.

Dominantné frekvencie v smere vŕtania f_x vykazujú pre otáčky nad $n=1000 \text{ ot/min}$ najvyššie hodnoty.

Hodnoty dominantných frekvencií v horizontálnej rovine f_z sledujú zmeny dominantných frekvencií v smere vŕtania f_x , ale sú nižšie.

Jedine hodnoty dominantných frekvencií vo vertikálnej rovine f_y u andezitu a vápenca vykazujú trend a to rastúci – obmedzené kmitanie.

U žuly sa dominantné frekvencie vo všetkých smeroch f_x , f_y aj f_z menia skokom a závislosti sú podobné až identické.



Obr.4: Závislosť dominantných frekvencií od otáčok n

4 ZÁVER

Z uvedených experimentálnych výsledkov možno konštatovať, že efektívne hodnoty zrýchlení z časových výstupov vibračného signálu ako aj dominantné frekvencie vyhodnotené z frekvenčných spektier vibračného signálu reagujú na zmenu režimových parametrov, teda na zmenu prítlačnej sily na nástroj F aj na otáčky nástroja n a to vo všetkých troch snímaných smeroch.

Trend závislostí a_x , a_y aj a_z od prítlačnej sily F a otáčok n je prevažne rastúci. V niektorých prípadoch dochádza k zmene trendu závislostí, čo ešte treba overiť a skúmať príčiny týchto zmien.

Dominantné frekvencie f_x , f_y a f_z nadobúdajú skôr diskkrétne hodnoty.

Pri jednoznačnom poznaní závislostí a_x , a_y a a_z ako aj f_x , f_y a f_z od režimových veličín a iných faktorov bude možné nahradiť riadenie procesu pomocou režimových veličín riadením cez snímaný vibračný signál počas rozpojovacieho procesu hornín.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy 2/0111/08 s finančným príspevkom od Vedeckej grantovej agentúry Slovenskej akadémie vied a Ministerstva školstva SR.

LITERATÚRA

- [1] FUTÓ, J., KREPELKA, F. & IVANIČOVÁ, L. Vibro-acoustic aspects of technological process of rock disintegration. In: *Proceedings of 9th International Carpathian Control Conference ICCC*, Sinaia Romania, May 25-28/2008, pp.187-190. ISBN 978-973-746-897-0.

- [2] MIKLÚŠOVÁ, V., KREPELKA, F., IVANIČOVÁ, L. & LABAŠ, M. Vibračné spektrá pri rozpojovaní hornín. In *Geotechnika 2008: konštrukcie, technológie a monitoring*, 12. ročník medzinárodnej konferencie, Vysoké Tatry 2008, s.421- 426. ISBN 978-80-248-1850.
- [3] KREPELKA, F., LABAŠ, M. & MIKLÚŠOVÁ, V. Vlastnosti vibračného signálu v závislosti od konštrukcie rozpojovacieho nástroja. In *Geotechnika 2008: konštrukcie, technológie a monitoring*, 12. ročník medzinárodnej konferencie, Vysoké Tatry 2008, s.415- 420. ISBN 978-80-248-1850.
- [4] MIKLÚŠOVÁ, V. & IVANIČOVÁ, L. Effect of disintegration regime change on vibration signal in rock drilling process. *Transaction of the Universities of Košice*. 3/2009, pp. 99-102. ISSN: 1335-2334.

Oponentní posudek vypracoval:

Dr. Ing. Pavel Konečný, Ústav geoniky AVČR, v.v.i., Ostrava